

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Núcleo de Computação Eletrônica

Joancarlo Paulucci Dias

**COM BASE NA EVOLUÇÃO E NA EFICÁCIA DOS MEIOS DE
COMUNICAÇÃO, QUAL A TENDÊNCIA MUNDIAL RUMO ÀS
GERAÇÕES FUTURAS?**

Elucidação da nova tendência mundial.

Rio de Janeiro

2009

Joancarlo Paulucci Dias

**Com base na evolução e na eficácia dos meios
de comunicação, qual a tendência mundial
rumo às gerações futuras?**

Elucidação da nova tendência mundial.

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE /UFRJ.

Orientador:

Prof. Sérgio Guedes de Souza, B.Sc., NCE /UFRJ, Brasil

Rio de Janeiro

2009

Joancarlo Paulucci Dias

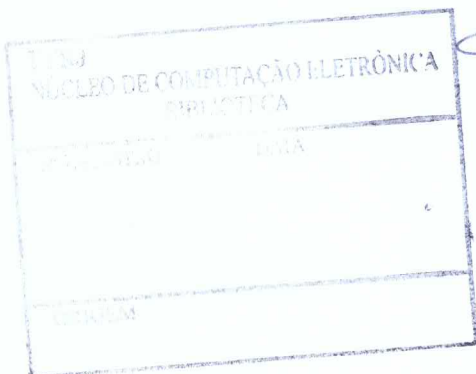
**Com base na evolução e na eficácia dos meios
de comunicação, qual a tendência mundial
rumo às gerações futuras?**

Elucidação da nova tendência mundial.

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Aprovada em Dezembro de 2009.


Prof. Sérgio Guedes de Souza, B.Sc., UFRJ, Brasil



Dedico este trabalho a minha noiva Priscila, meu pai Antonio, minha mãe Sonia e meu irmão Ruan, pois unidos me ajudaram a trilhar mais esta etapa em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado a benção e a oportunidade de iniciar e concluir este curso.

Ao meu pai que apesar das dificuldades sempre confiou em meu potencial.

A minha mãe pelas noites de oração para que eu tivesse sucesso nas provas.

Ao meu irmão que no momento em que perdi o arquivo da minha apresentação se prontificou em me ajudar a recuperar e pela sua torcida constante para que se concretize a minha vitória.

A minha noiva que teve paciência, dedicação e que me ajudou a vencer mais este desafio.

Ao meu chefe Celso Esteves que solicitou a bolsa para que eu realizasse o curso e pela compreensão nos momentos em que precisei me ausentar do trabalho, pelo incentivo e apoio.

Ao meu diretor de área Nilson Theobald e ao coordenador do Núcleo de Computação Eletrônica Sérgio Rocha, que em conselho aprovaram a minha bolsa de estudos.

Aos amigos e companheiros de curso que tornaram todos os cafés da manhã uma comédia.

E por fim aos professores que me ajudaram a trilhar mais este caminho em minha vida.

RESUMO

PAULUCCI DIAS., Joancarlo. **Com base na evolução e na eficácia dos meios de comunicação, qual a tendência mundial rumo às gerações futuras? Elucidação da nova tendência mundial.** Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Por influência da constante busca humana por informação, novas tecnologias de telecomunicações e de informática surgem a cada momento neste mercado tão hostil e globalizado, onde o advento das redes **convergentes** aparece em destaque.

ABSTRACT

PAULUCCI DIAS., Joancarlo. **Com base na evolução e na eficácia dos meios de comunicação, qual a tendência mundial rumo às gerações futuras? Elucidação da nova tendência mundial.** Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

The constant pursuit of information by humanity, new technologies of communication and computer come up all the time in such hostile and global marketing, where the advent of convergent networks appears capitalized.

.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Evolução das Redes	25
Figura 2 – Associação dinâmica das técnicas de modulação	30
Figura 3 – Modelo de Rede	36
Figura 4 – Pilha de protocolo da BS	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tempo que as novas tecnologias levam para atingir 50 milhões de usuários no mundo.

Página
17

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Elementos do 802.16e

Página
35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1G	Primeira Geração
2G	Segunda Geração
2.5G	Segunda Geração e Meia geração
3G	Terceira Geração
3GPP	3rd Generation Partnership Project
4G	Quarta Geração
16-QAM	16-State Quadrature Amplitude Modulation
64-QAM	64-State Quadrature Amplitude Modulation
256-QAM	256-State Quadrature Amplitude Modulation
AAA	Autorização, Autenticação e Accounting
AMPS	Advanced Mobile Phone System
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ARPA	Advanced Research and Projects Agency
BBS	Bulletin Board System
ASA-Server	Authentication and Service Authorization - Server
BPSK	Binary Phase-Shift Keying
BS	Base Station
BWA	Broadband Wireless Access
CPES	Equipamentos para Conversão de Dados para uso em Equipamentos Finais
CPS	Common part sublayer
CS	Convergence sublayer
CDMA	Code Division Multiple Access
DVB	Digital Video Broadcasting
EDGE	Taxas de Dados Ampliadas para a Evolução GSM
EM	Estação Móvel
EUA	Estados Unidos das Américas
FDD	Frequency Division Duplex
GGSN	Gateway GPRS Support Node
Ghz	Gigahertz
GPRS	Transmissão de Rádio por Pacote
HDTV	High Definition Television
HO	Handover
GSM	Global System for Mobile Communications
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IP	Internet Protocol
Kbps	kilobit por segundo
LEOS	Low Earth Orbit satellite
LTE	Long Term Evolution
MA	Agente de Mobilidade
MAC	Médium Access Control – Controle de Acesso ao Meio
Mbps	Megabit por segundo
MHz	Megahertz
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MP3	MPEG-1/2 Audio Layer 3
MIT	Instituto Tecnológico de Massachusetts

MPEG	Moving Picture Experts Group
MPLS	Multi Protocol Label Switching
MSS	Mobile Subscriber Station
MMS	Multimedia Messaging Service
NGN	Next Generation Networking
NLOS	Non-Line of Sight
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access
PDA	Personal Digital Assistants
PDU	Protocol Description Unit
PKM	Privacy Key Management
PMP	Point-to-Multi-Point
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Qualidade de Serviço
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RDSI	Rede Digital de Serviços Integrados
SAE	System Architecture Evolution
SAP	Service Access Point
SC	Single Carrier
SC-FDMA	Single Carrier Frequency Division Multiple Access
SCa	Single Carrier a
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIP	Protocolo de Iniciação de Sessão
S-OFDMA	Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access
SS	Subscriber Station – Estações Assinantes
TDD	Time Division Duplex
TDM	Multiplexação por Divisão de Tempo
TDMA	Time Division Multiple Access
TV	Televisão
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
UWB	Ultra Wideband
VoIP	Voz sobre IP
W-CDMA	Wide-Band Code-Division Multiple Access
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access/Interoperabilidade Mundial para Acesso de Micro-ondas
WLAN	Wireless Local Area Network
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network
WWW	World Wide web
xDSL	Digital Subscriber Line

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVO	14
1.2 RELEVÂNCIA	14
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	14
2 DESENVOLVIMENTO	15
2.1 A EVOLUÇÃO DA COMUNICAÇÃO HUMANA	15
2.2 A EVOLUÇÃO DA TELEFONIA MÓVEL	18
2.2.1 Rede CDMA	18
2.2.2 Rede GSM	19
2.2.3 Rede GPRS	19
2.2.4 Rede EDGE	21
2.2.5 Rede 3G	21
2.2.5.1 Características	22
2.2.5.2 Evolução do 3G (pré-4G)	23
2.2.6 Rede 4G	24
2.2.7 LTE - Long Term Evolution	26
2.3 A EVOLUÇÃO DAS REDES SEM FIO	27
2.3.1 Histórico do IEEE 802.16	28
2.3.2 Pilha de Protocolos	29
2.3.2.1 Camada Física	30
2.3.2.2 Camada MAC	31
2.3.2.3 Subcamada de Convergência Específica	32
2.3.2.4 MAC Common Part Sublayer - MAC CPS	32
2.3.2.5 Subcamada de Segurança	34
2.3.3 Handover para o IEEE 802.16e	35
2.3.3.1 Importância e funcionalidade	35
2.3.3.2 Funcionalidades do Agente de Mobilidade	36
2.4 CONVERGÊNCIA TECNOLÓGICA	37
2.4.1 Convergência fixo-móvel	39
2.4.2 Previsões	40
3 CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1 INTRODUÇÃO

1.1 OBJETIVO

Descrever o processo de evolução dos meios de comunicação, desde a escrita até a internet, decorrendo sobre a evolução da telefonia móvel e a evolução das redes sem fio, propiciando uma melhor perspectiva de entendimento da nova tendência mundial rumo à evolução das redes móveis para gerações futuras.

1.2 RELEVÂNCIA

O presente trabalho preocupa-se em disponibilizar ao leitor uma visão global dos meios de comunicação, e esclarecer a proximidade da rede *Wi-Max* com as redes de celulares de quarta geração (4G), oferecendo uma alternativa viável para o tráfego móvel de voz e dados.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No primeiro capítulo será apresentada a evolução da comunicação humana.

O segundo capítulo abordará a evolução da telefonia móvel.

No terceiro capítulo serão apresentados características da computação móvel e a evolução das redes sem fio.

E finalmente concluiremos que o avanço da comunicação resulta na convergência entre telefonia móvel e rede sem fio, fornecendo sugestões para trabalhos futuros.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1- A EVOLUÇÃO DA COMUNICAÇÃO HUMANA

Na história humana o processo de comunicação vem evoluindo ao longo dos séculos, desde a pré-escrita, a xilografia, o surgimento do papel desenvolvido na China, os caracteres móveis, a impressão manual e mecânica e outros. Durante anos, a comunicação escrita atravessou longas distâncias geográficas e cronológicas, contribuindo para o aprendizado e o conhecimento.

O homem em um constante processo evolutivo passou a registrar de forma mais detalhada e precisa sua história: da oralidade para a escrita, da escrita cuneiforme para alfabética impressa, desta para o rádio e para a televisão, chegando então ao ciberespaço. A forma de veicular a informação foi mudada.

Com a introdução da escrita o ser humano não precisou mais se preocupar com a questão do esquecimento, suas lembranças não mais dependiam da transmissão oral, pois passaram a ser registradas.

O jornal surge como principal veículo de comunicação. Por volta do século XIX, esse era impresso periodicamente e constituído apenas de textos. Neste período os anúncios publicitários tinham somente como foco o poder argumentativo das palavras. No século XX, os anúncios textuais passam a se utilizar de imagens e símbolos, explorando com isso uma nova forma de leitura, a icônica.

Durante anos a imprensa foi considerada a principal tecnologia intelectual de armazenamento e disseminação de idéias. O homem na constante sede de descobertas começou a desenvolver novas tecnologias que aprimoraram os meios de comunicação, derrubando as barreiras da distância e do tempo.

Apesar de a escrita ser considerada a memória do povo, a história novamente foi reescrita, um novo marco se estabeleceu em 1876. Segundo (YENNE, Bill., 2002), em seu livro “ 100 homens que mudaram a história do mundo”, Alexander Graham Bell inventou o telefone e Guglielmo Marconi através dos resultados obtidos nos estudos de Hertz, pode concluir que tais ondas poderiam transmitir mensagens, então, em 1896 obteve a primeira patente para o seu telégrafo e em 1920 sua primeira irradiação musicada.

Segundo alguns autores, a tecnologia de transmissão de som por ondas de rádio foi realmente desenvolvida pelo italiano *Guglielmo Marconi*, no fim do século XIX, outros advogam que foi desenvolvida pelo sérvio Nikola Tesla. Na mesma época em 1893, no Brasil, um padre chamado Roberto Landell de Moura também buscava resultados semelhantes, em experiências feitas em São Paulo.

Com o surgimento do rádio foram exploradas a oralidade e a idéia da transmissão ao vivo. A sua forma de transmissão e recepção necessitavam apenas de uma estação emissora e aparelhos de recebimento, assim a mensagem chegava facilmente às pessoas, inicialmente em suas casas, e mais tarde, com o surgimento de aparelhos portáteis, a qualquer parte a que esse aparelho fosse levado.

Apartir do surgimento da TV (Televisão), a forma de comunicação evolui. A informação além de ser falada, pode ser lida, vista e interpretada pelo receptor.

Na década de 60, durante a Guerra fria, as forças armadas norte-americanas através da ARPA (Advanced Research and Projects Agency) desenvolveram uma forma de comunicação com objetivos militares de manter contato no caso de ataques inimigos que destruíssem os meios convencionais de telecomunicações: ARPANet, o precursor da Internet.

Nas décadas de 1970 e 1980, além de ser utilizada para fins militares, a Internet também foi um importante meio de comunicação acadêmico. Estudantes e professores universitários, principalmente dos EUA (Estados Unidos da América), trocavam idéias, mensagens e descobertas pelas linhas da rede mundial.

No início dos anos 80 o BBS (Bulletin Board System) surge como um meio adicional de comunicação. Com base neste princípio, o “BBS” evoluiu até o que hoje conhecemos como internet.

Foi somente no ano de 1990 que a Internet começou a alcançar a população em geral. Neste ano, o engenheiro inglês Tim Bernes-Lee desenvolveu a WWW (World Wide Web), possibilitando a utilização de uma interface gráfica e a criação de sites mais dinâmicos e visualmente interessantes. A partir deste momento, a Internet cresceu em ritmo acelerado. Muitos dizem, que foi a maior criação tecnológica, depois da televisão na década de 1950.

A partir de então, pode-se ler o jornal de qualquer parte do mundo, assistir a uma entrevista, participar de conferências, ouvir músicas das mais longínquas regiões do planeta, trocar correspondências, discutir, conversar, tudo em um único aparelho, uma “máquina comunicacional” chamada computador. Máquina esta que

está conectada a milhares de outras, formando uma complexa rede, um rizoma informacional.

A humanidade assistiu ao longo do século XX várias evoluções tecnológicas que permitiram a conquista do espaço. Os satélites de telecomunicações são talvez, os maiores frutos dessa conquista. Além de permitirem a retransmissão de programas da televisão educativa e comercial, abriram novas perspectivas para a comunicação telefônica, a transmissão de dados, fax internet e muitos outros serviços.

Com a introdução de satélites de baixa órbita, LEOS (Low Earth Orbit Satellite), menores e econômicos, estava decretada a revolução da comunicação móvel via telefone celular que teve início nos anos 80.

O século XXI inicia-se com o avanço das telecomunicações, que nos últimos anos vem apresentando um salto evolutivo muito além de qualquer previsão. A tabela 1 demonstra a estimativa do tempo gasto para que as novas tecnologias atingissem 50 milhões de usuários no mundo:

Tabela 1 – Tempo que as novas tecnologias levam para atingir 50 milhões de usuários no mundo.

Meio de Comunicação	Tempo
Rádio	38 anos
Computador	16 anos
Televisão	13 anos
TV a cabo	10 anos
Internet	4 anos

Deve-ser levar em conta que em 2003 A internet já superava os 600 milhões de usuários

A expansão da internet colaborou para o desenvolvimento de novas técnicas de comunicação, tornando possível corresponder às necessidades mais ousadas do que a simples transmissão de textos. Com este avanço, pode-se proporcionar a transmissão de voz, dados e imagens. Para completar esse ciclo de constante inovação, a digitalização dessas informações é possível, caracterizando assim, o que é chamado de convergência, o que falaremos com mais clareza à frente.

2.2 A EVOLUÇÃO DA TELEFONIA MÓVEL

Com o objetivo de aperfeiçoar as tecnologias de comunicação, os sistemas de telefonia móvel sofrem constantes evoluções, oferecendo novas funcionalidades e serviços, e aumentando a escalabilidade da rede.

Na 1G (primeira geração), as redes de telefonia móvel eram projetadas de forma similar às de telefonia fixa. A 1G é a geração da voz analógica – a imagem analógica do som era transmitida através do ar – nela existiu somente um sistema que obteve algum sucesso, que foi o AMPS (*Advanced Mobile Phone System*), criado pelo *Bell Labs* e instalado primeiramente nos Estados Unidos em 1982 [Tanenbaum 2003].

A 2G (segunda geração) surge com o advento dos sistemas digitais. O som da voz humana pôde ser capturado e filtrado em diversos modelos de voz. Através do aparelho, o usuário móvel escutava a reconstrução da voz humana feita em cima dos bits zeros e uns recebidos do transmissor (Anderson 2001). A 2G é caracterizada pela voz digital.

2.2.1 Rede CDMA

O padrão CDMA (Code Division Multiple Access) é uma tecnologia “spread spectrum”, o que significa dizer que muitos usuários podem ocupar a mesma alocação de tempo e frequência em uma determinada banda base.

CDMA designa códigos únicos para cada comunicação com o objetivo de se diferenciar de outras do mesmo spectrum. Num mundo de recursos de spectrum finitos, o CDMA habilita muito mais pessoas para compartilhar as ondas emitidas ao mesmo tempo do que tecnologias alternativas

- CDMA2000 1X pode dobrar a capacidade de voz da rede cdmaOne e entregar pacotes de dados a uma velocidade máxima de 307kbps em ambientes móveis.
- CDMA2000 1xEV inclui:
 - CDMA2000 1xEV-DO - entrega pacotes de dados a uma velocidade máxima de 24Mbps e suporta aplicações como transferência de MP3 (MPEG-1/2 Audio Layer 3) e vídeo conferência.

- CDMA2000 1xEV-DV - provê a integração de voz e transmissão de pacotes de dados e serviços multimídia simultaneamente em velocidades de até 3.09Mbps.
- 1xEV-DO e 1xEV-DV - as duas são compatíveis com CDMA2000 1X e cdmaOne.

2.2.2 Rede GSM

O GSM (Global System for Mobile Communications) é uma tecnologia de rede sem fio de 2G, que provê serviços de qualidade de voz e de dados comutados por circuito em uma ampla gama de faixas no espectro, que incluem 450, 850, 900, 1800 e 1900 MHz. Este provê uma evolução sem dificuldades para a terceira geração (3G) e com uma boa relação custo-benefício.

Em junho de 2003, o sistema GSM estava disponível em 665 redes em mais de 179 países. É a tecnologia sem fio de uso predominante em termos mundiais, com mais de 880 milhões de clientes no continente americano, Ásia e Europa, o que representa 72% de todos os clientes de tecnologia sem fio.

Essa tecnologia permite que vários usuários compartilhem um único canal de rádio através de uma técnica chamada multiplexação por divisão de tempo (TDM), Neste um canal é dividido em seis intervalos de tempo e para cada chamador é designado um intervalo de tempo específico de transmissão. Isso permite o compartilhamento de um único canal simultaneamente sem interferência dos outros chamadores, viabilizando o uso eficiente do espectro e proporcionando sete vezes mais capacidade do que a tecnologia de 1G.

GSM também utiliza uma técnica chamada “salto de frequências”, essa técnica minimiza a interferência proveniente de fontes externas, tornando praticamente impossível o acesso indevido às comunicações alheias.

2.2.3 Rede GPRS

O Padrão de Transmissão de Rádio por Pacote (GPRS) oferece velocidades máximas de dados de 115 kbps e um throughput médio de 30 a 40 kbps. A GPRS surge como uma solução eficiente na transmissão de dados móveis de forma mais rápida. É frequentemente chamada de tecnologia “2.5G” (Segunda Geração e Meia

geração), porque é a primeira etapa que uma operadora GSM empreende quando inicia a transição à 3G (terceira geração).

Esse desenho de rede é muito mais eficiente que as redes comutadas por circuito e propicia uma redução de custos operativos da rede. Além dos usuários não precisarem entrar no sistema a cada vez que quiserem ter acesso aos serviços de dados, eles só pagam pelos dados e não pelo tempo de permanência no serviço ou pelo tempo de carregar tais dados.

A rede GPRS é baseada na plataforma GSM fazendo uso de IP (internet protocol) – padrão universal utilizado na internet. Por utilizar uma tecnologia aberta e padronizada, é ideal para o fornecimento de acesso sem fio a outras redes baseadas em IP ou GPRS. Esta rede apóia-se na base de assinantes GSM e por esse motivo suporta roaming o que permite a seus usuários o acesso contínuo aos serviços mesmo quando em viagem.

A rede GPRS é adicionada à infra-estrutura da rede GSM. O *core network* (núcleo do sistema) formado por dois nós principais: o SGSN (*Serving GPRS Support Node*) e o GGSN (*Gateway GPRS Support Node*), chamados de GSN *nodes*. Para conectar esses nós com *radio network*, é criada uma nova interface *Gb* (um *link* controlador de sinal de alta velocidade). A conexão entre os GSN *nodes* e demais componentes do *core network* é chamada de *GPRS backbone*, que é uma rede IP normal, possuidora de roteadores de acesso e *firewalls* etc. [Andersson, C. 2001].

Pode-se dizer que GPRS é um *upgrade* às redes GSM já existentes, à medida que um simples *software upgrade* é realizado na BS (Base Station), podendo até ser feito remotamente de uma central de manutenção.

Esse *software* permite que usuários de voz e de dados compartilhem a mesma interface aérea e os recursos das BS's. Também possibilita o desenvolvimento de novos esquemas de codificação para os pacotes de dados que afetam a taxa de transmissão resultante. Esse esquema de codificação é necessário devido a alguns fatores como o número de usuários numa célula, ou a distância do *headset* (aparelho móvel) à BS. Se o sinal estiver fraco, um esquema de codificação mais robusto é escolhido com menor taxa de bits, caso contrário, um menos robusto com maior taxa de bits é utilizado.

Em junho de 2003, 162 operadoras em 70 países já haviam lançado o GPRS. Sendo que mais 33 operadoras em outros 17 países estão em diferentes etapas de implantação.

Diante da crescente demanda por serviços multimídia, o sistema GPRS apresenta limitações em dois aspectos essenciais: possibilitar, conforme citado anteriormente, maiores taxas de transmissão e não apresentar bom suporte à QoS (qualidade de serviço), no sentido de não ser capaz de proporcionar direitos diferenciados a usuários que estejam dispostos a pagar mais.

2.2.4 Rede EDGE

A EDGE (Taxas de Dados Ampliadas para a Evolução GSM) é uma tecnologia de transmissão de dados e acesso à Internet de alta velocidade, três vezes mais rápida que seu antecessor GPRS. Assim como a GPRS, a EDGE é um serviço baseado em pacotes, que oferece aos clientes uma conexão permanente para transmissão de dados. Estes dados são transmitidos em uma velocidade de até 473 kbps e taxas médias entre 80 e 130 kbps, rápidas o suficiente para permitir vários serviços de dados avançados, incluindo streaming de som e imagem, acesso rápido à internet e download de arquivos pesados. Estes serviços permitem que os clientes mantenham uma transmissão de dados enquanto atendem uma ligação telefônica.

2.2.5 Rede 3G

A terceira geração de sistemas de telefonia móvel (3G) substitui a 2G e é baseada na família de normas da UIT (União Internacional de Telecomunicações), no âmbito do Programa Internacional de Telecomunicações Móveis (IMT-2000).

As operadoras de telefonia móvel que utilizam tecnologia 3G podem oferecer a seus usuários uma ampla gama dos mais avançados serviços, devido a melhora na eficiência espectral. Entre estes serviços podemos citar a telefonia por voz e a transmissão de dados a longas distâncias, tudo em um ambiente móvel. Normalmente estes serviços são fornecidos com taxas de 5 a 10 Mbits por segundo.

Ao contrário das redes definidas pelo padrão 802.11, mais conhecidas como Wi-Fi (Wireless Fidelity) ou WLAN (Wireless Local Area Network), as redes 3G

permitem telefonia móvel de longo alcance e evoluíram para incorporar redes de acesso à Internet em alta velocidade e vídeo-telefonia. As redes 802.11 (que estudaremos a diante) são de curto alcance e ampla largura de banda e foram originalmente desenvolvidas para redes de dados, além de não possuírem muita preocupação quanto ao consumo de energia, aspecto fundamental para aparelhos que possuem pouca carga de bateria.

A implantação da tecnologia de rede 3G ocorreu tardiamente em alguns países devido a enormes custos adicionais para licenciamento do espectro. As redes se empenham em utilizar essa tecnologia desde 1999. O Japão foi o primeiro país a implementar o 3G nacionalmente e essa transição foi praticamente completada em 2006. Logo após o Japão, a Coreia também iniciou sua transição, que foi feita por volta de 2004.

Em muitos países, a rede 3G não usa as mesmas frequências de rádio que a 2G, fazendo com que as operadoras tenham que construir redes completamente novas e licenciar novas frequências. Uma exceção são os Estados Unidos onde as empresas operam serviços 3G na mesma frequência que outros serviços. Os custos com licença em alguns países europeus foram particularmente altos devido a leilões do governo de um número limitado de licenças e a leilões com propostas confidenciais, além da excitação inicial sobre o potencial do 3G. Outros atrasos se devem a despesas com atualização dos equipamentos para os novos sistemas.

2.2.5.1 Características

A característica mais importante da tecnologia móvel 3G é suportar um número maior de clientes de voz e dados, especialmente em áreas urbanas, além de maiores taxas de dados a um custo incremental menor que na 2G.

Utiliza o espectro de radiofrequência em bandas identificadas, fornecidas pela UTI para a terceira geração de serviços móveis IMT-2000, e depois licenciadas para as operadoras.

Permite a transmissão de 384 kbits/s para sistemas móveis e 2 Megabits/s para sistemas estacionários. Espera-se que tenha uma maior capacidade de usuários e uma maior eficiência espectral, de forma que os consumidores possam dispor de *roaming* global entre diferentes redes 3G.

QoS – para estabelecer uma conexão entre o usuário e a rede é feito um acordo com a operadora que fará a subscrição do usuário. Esse acordo indica quais tipos de atrasos o usuário pode esperar, quais taxas de transmissão, uma garantia de que a velocidade nunca fique abaixo do seu limite mínimo, etc. Isso foi possível devido a mudanças nos núcleos e nas interfaces dos sistemas 2G.

Fim da dependência entre a taxa de transmissão máxima e a distância do usuário à BS – Investimentos para sanar esse problema não são considerados viáveis, pois as operadoras não teriam retorno ao cobrir áreas pouco povoadas com serviços de alta tecnologia. Sendo assim, a solução comum a todos os sistemas 3G é o usuário ao fazer *roaming* nessas áreas, ter o seu *handset* funcionando com tecnologia 2.5G.

Para atender a todos esses avanços, uma concepção de arquitetura em camadas abertas e flexíveis tornou-se fundamental. Na telefonia 3G isso foi conquistado dividindo o core network em três camadas: de transporte, de controle e de aplicação de serviços.

A maior diferença entre as redes 3G é a forma de utilização do espectro de frequência. Na 2G, as operadoras já haviam congestionado a capacidade do espectro em função do crescimento do número de usuários. Por essa razão é natural que, migrando para 3G, haja a necessidade de um aumento nessa capacidade para suportar um número bem maior de usuários.

2.2.5.2 Evolução do 3G (pré-4G)

A padronização da evolução da tecnologia 3G é normatizada pelo 3GPP (3rd Generation Partnership Project), a exemplo disso podemos citar as evoluções LTE (Long Term Evolution) e UWB (Ultra Wideband). Na Europa a evolução começou pelo GSM, a essa tecnologia foi adicionado o GPRS e a partir deste ponto foi possível ir para o sistema UMTS. Na América do Norte a evolução se iniciou com o TDMA (Time divisão de acesso múltiplo), que evoluiu para o GSM e a essa tecnologia foi adicionado o EDGE que evoluiu até o UMTS.

No Japão, dois padrões 3G são utilizados: W-CDMA (Wide-Band Code-Division Multiple Access (compatível com UMTS) utilizados pelo Softbank e NTT DoCoMo, e CDMA2000, utilizado por KDDI. Neste país, a transição para a 3G foi concluída em 2006.

A tecnologia 3G foi introduzida com êxito para usuários da Europa, Austrália, Ásia, América do Sul, América do Norte e da África, porém algumas questões ainda são debatidas pelos fornecedores e os utilizadores 3G:

- ✓ Taxas caras de entrada para o serviço de licenças 3G;
- ✓ Numerosas diferenças em termos de licença;
- ✓ Grande quantidade de dívida atualmente sustentada por muitas empresas de telecomunicações, o que a torna um desafio para construir a infra-estrutura necessária para 3G;
- ✓ Falta de apoio do governo para financiamento das operadoras;
- ✓ Falta de cobertura por ser um serviço novo;
- ✓ Alta dos preços dos serviços móveis 3G em alguns países, incluindo o acesso à Internet.

2.2.6 Rede 4G

Ainda não existe definição para a 4G. Sabe-se que a 4G estará baseada totalmente em IP sendo um sistema de sistemas e uma rede de redes, alcançando a convergência entre as redes de cabo e sem fio assim como computadores, dispositivos eletrônicos e tecnologias da informação para prover velocidades de acesso entre 100 Mbps em movimento e 5 Gbps em repouso, mantendo uma QoS de ponta a ponta (end-to-end) de alta segurança visando oferecer serviços de qualquer tipo, a qualquer momento e em qualquer lugar.

No Japão são feitas experiências com as tecnologias de quarta geração, com a empresa NTT DoCoMo à frente desse projeto. Esta empresa realizou as primeiras provas com sucesso absoluto, alcançando 100 Mbps a 200km/h e espera lançar comercialmente os primeiros serviços de 4G no ano 2010.

O conceito 4G vai muito além de telefonia móvel, já que não pode ser considerada uma evolução dos padrões de telefonia celular, tais como as existentes no mercado até 3G. As novas tecnologias de rede banda larga móvel (sem fio) permitirão o acesso a dados em dispositivos que operam com IP, desde handsets até CPEs (equipamentos para conversão de dados para uso em aparelhos finais tais como TVs e telefones). Atualmente, existem duas outras tecnologias que são mais exploradas na indústria: WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) e

LTE, ambas ainda passíveis de definições de uso por questões regulatórias por parte de governos e padronizações nas indústrias de hardware.

Os maiores atrativos da 4G são a convergência de uma grande variedade de serviços até então somente acessíveis na banda larga fixa, bem como a redução de custos e investimentos para a ampliação do uso de banda larga na sociedade, trazendo benefícios culturais, melhoria na qualidade de vida e acesso a serviços básicos tais como comunicação e serviços públicos antes indisponíveis ou precários à população.

A 4G está em desenvolvimento, prevendo oferecer serviços baseados em banda larga móvel por exemplo MMS (Multimedia Messaging Service), vídeo chat, mobile TV, conteúdo HDTV (High Definition Television), DVB (Digital Video Broadcasting), serviços básicos como voz e dados, sempre no conceito de uso em qualquer local e a qualquer momento. Todos os serviços deverão ser prestados tendo como premissas a otimização do uso de espectro, troca de pacotes em ambiente IP, grande capacidade de usuários simultâneos, banda mínima de 100 Mbit/s para usuários móveis e 1 Gbit/s para estações fixas, além de interoperabilidade entre os diversos padrões de redes sem fio.

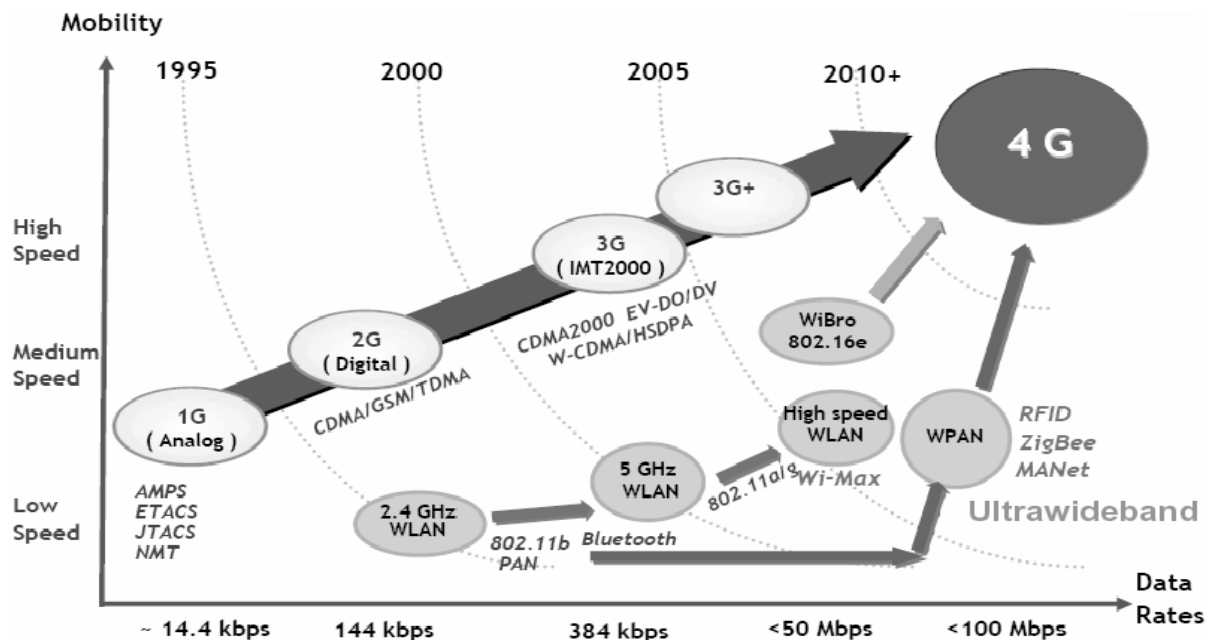


Figura 1 – Evolução das Redes

Dentre os serviços previstos destaca-se a localização inteligente que possibilitará ao usuário receber em seu telefone celular informações relativas aos tipos de serviços disponíveis na localidade em que se encontrar.

A idéia é que as gerações móveis sem fio seguintes, sejam provisionadas de forma a permitirem superposição compatível com todas as outras tecnologias sem fio, permitindo acesso universal e transparente ao usuário móvel, através de uma única EM (Estação Móvel). A interoperabilidade e compatibilidade serão definidas como capacidade de redes totalmente heterogêneas, com isso poderão oferecer suporte de *roaming* entre diferentes tecnologias de acesso sem fio, sempre mantendo os requisitos mínimos de QoS aos usuários.

A implementação da tecnologia 4G ficará suspensa por um tempo em função dos grandes investimentos em infra-estrutura realizados pelas operadoras na 3G, que ainda precisam ser recuperados. Já estão em desenvolvimento e aprimoramento, nos diversos meios acadêmicos e de pesquisa, técnicas diversas que possibilitarão o incremento esperado e necessário das taxas de dados das atuais redes móveis celulares.

Dentre as tecnologias que estão em grande evidência e que possivelmente farão parte deste cenário da 4G, pode-se citar LTE e WiMAX, que serão melhor compreendidas no próximo capítulo.

2.2.7 LTE - Long Term Evolution/System Architecture Evolution

O LTE é um projeto comandado pelo 3GPP (órgão também responsável pelas especificações do GSM e 3G) que promete melhorar o padrão UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). Suas especificações foram aprovadas em janeiro de 2008 e entre as diversas características do LTE podemos citar:

- Uso da tecnologia OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access), *downlink* (descida) ERB para celular e SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) no *uplink* (subida) celular para ERB;
- LTE/SAE é o próximo passo em termos de experiência de serviço para usuário, melhorando a latência, a capacidade e throughput. Isto permitirá um tráfego de dados no *downlink* acima de 100 mbps e 50 mbps no *uplink*, ambos com uma largura de banda de 20 Mhz;

- LTE suporta FDD (Frequency Division Duplex) e TDD (Time Division Duplex) com as mesmas especificações e componentes de Hardware, permite um grande aumento na capacidade do sistema e reduz o custo por gigabyte, pode utilizar espectros já existentes de 2G e 3G tanto quanto um novo espectro;
- SAE (System Architecture Evolution) permite implementação e operação com eficiência de custo para o uso dos serviços IP no mercado de massa, assim como melhorias na integração de tecnologias de acesso non-3GPP;
- Uso de antenas MIMO (multiple-input multiple-output);
- Handoff automático para outros padrões compatíveis.

2.3 A EVOLUÇÃO DAS REDES SEM FIO

Hoje a Internet é considerada um dos principais meios de comunicação, sendo responsável por permitir a interação entre indivíduos, independente de sua localização geográfica, a uma escala sem precedentes na história de evolução da comunicação da humanidade.

Neste cenário de inovação, as redes de computadores exercem uma melhor influência na integração de pessoas e na disseminação da informação em tempo real. Entretanto, este acesso à informação está longe de ser o ideal, devido a existência de localidades longínquas, sem infra-estrutura adequada e de difícil acesso.

A tecnologia sem fio, muito conhecida no ramo da telefonia celular, teve grande aceitação na aplicação em redes de computadores locais devido a sua flexibilidade. No entanto, apesar dos grandes benefícios trazidos, as LAN's sem fio locais têm como grande restrição a sua pouca largura de banda, sua conseqüente falta de suporte a aplicações robustas como voz e vídeo, além de atingir curtas distâncias e poucos usuários.

Quanto ao uso de computadores móveis, tem-se acesso a redes sem fio, embora possam também usufruir de uma rede fixa com uma conexão melhor e mais barata, permanecendo estacionário. Além disso, é mais difícil conseguir uma comunicação perfeita em uma rede sem fio, pois podem existir obstáculos que interferem na qualidade do sinal.

Em função da baixa largura de banda e taxas de erros elevadas, desconexões freqüentes, ocorrem na rede sem fio. Fatores como esses, podem aumentar a latência nas retransmissões, atraso no intervalo das mesmas, erro no processamento do protocolo de controle e curtas desconexões, segundo FORMAN & ZAHORJAN, 1994.

Esta forma de comunicação torna-se uma realidade devido a sua facilidade de implementação e flexibilidade. Atualmente a utilização de redes sem fio está voltada para indoor e pequenas distâncias, utilizando os padrões Wi-Fi e Bluetooth. Com estes padrões as redes locais são criadas de forma rápida e com pouquíssimas configurações, onde a mobilidade dos dispositivos está limitada a uma pequena área de abrangência.

O padrão WiMax apresenta-se com a finalidade de criar redes metropolitanas, fornecendo acessos aos usuários através de banda larga e com mobilidade.

Diante deste novo contexto, as redes sem fio metropolitanas BWA (Broadband Wireless Access) satisfazem as atuais necessidades dos projetos de rede, pois permitem transmitir dados em taxas mais elevadas, atingir mais usuários e alcançar maiores distâncias, eliminando antigas barreiras físicas. Características estas, que tornam as redes sem fio metropolitanas um importante agente no processo de disseminação do acesso à informação.

2.3.1 Histórico do IEEE 802.16

O padrão IEEE 802.16 também conhecido como WiMAX foi aprovado no **www.wimaxforum.org** em dezembro de 2001, e publicado no dia 8 de abril de 2002 é chamado oficialmente “Air Interface for Fixed Broadband Wireless Systems” (interface aérea para sistemas fixos de acesso sem fio de banda larga).

A Internet rápida sem fio ou Wi-MAX cobre um raio de aproximadamente 50 Km (31 milhas), usando uma faixa de freqüência de 2 GHz a 66 GHz para conexões que vencem obstáculos físicos NLOS (Non-Line of Sight) e pode alcançar taxas de até 70 Mbps, suficientes para alimentar simultaneamente dezenas de corporações com taxas de transmissão equivalentes a conexões T-1 (1.500 Kb/s) ou centenas de residências com taxas de transmissão equivalentes a conexões ADSL, usando um único setor de uma BS (BS 802.16 geralmente comportam seis setores).

O padrão 802.16 ratificado em dezembro de 2001, focava faixas de frequências situadas entre 10GHz e 66GHz , considerando sempre aplicações com linha de visada.

Já a versão 802.16a, concluída em 2003, passou a focar as aplicações sem linha de visada, dentro das faixas de frequência entre 2GHz e 11GHz. Os aspectos de interoperabilidade com outras redes da família WLAN passaram a ser considerados.

O padrão mais esperado, o IEEE 802.16e, foi lançado recentemente, trazendo total mobilidade ao **WiMAX**. Os seus antecessores abordavam segurança e QoS apenas em terminais fixos (estacionários), enquanto o padrão IEEE 802.16e lançado em dezembro de 2005, vem especificar a interface que suporta estações fixas e móveis - **WiMAX Móvel**.

2.3.2 Pilha de Protocolos

O Padrão IEEE 802.16 possui quatro tipos de camada física: SC (Single Carrier), SCa (Single Carrier a), OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) e OFDMA. Possui também uma subcamada de controle de acesso ao meio (subcamada MAC), além das subcamadas de convergência de transmissão que tem por função isolar a transmissão física das diferentes tecnologias da camada de enlace de dados.

A estrutura geral é semelhante à estrutura das outras redes 802, exceto pelo maior número de subcamadas.

A escolha do modelo de camada física e da modulação a ser aplicada, varia de acordo com a necessidade de uso. Deve-se atentar para as modulações com muitos símbolos, pois embora tenham taxas de dados elevadas, possuem alcances reduzidos. São exemplos: QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) e QPSK com mapeamento de Gray, com constelação de 4 símbolos; 16-QAM (16-State Quadrature Amplitude Modulation), com constelação de 16 símbolos; 64-QAM (64-State Quadrature Amplitude Modulation), com constelação de 64 símbolos; 256-QAM (256-State Quadrature Amplitude Modulation), com constelação de 256 símbolos; BPSK (Binary Phase-Shift Keying) e Spread BPSK, com constelação de 2 símbolos. Vide figura 2.

A Subcamada MAC (Médium Access Control – Controle de Acesso ao Meio) é usada pela BS para alocar e priorizar o tempo de latência ou a taxa de transferência de dados nos canais de *uplink* e *downlink* para os assinantes de acordo com as suas necessidades e com o tipo de serviço contratado.

A camada MAC é dividida em três subcamadas: CS (Service-Specific Convergence Sublayer – Subcamada de Convergência Específica), CPS (Common Part Sublayer – Subcamada de Convergência Comum) e Subcamada de Segurança (Security Sublayer).

2.3.2.1 Camada Física

O Modelo IEEE 802.16 possui quatro padrões de camada física para o WMAN (Wireless Metropolitan Area Network): SC, SCa, OFDM e OFDMA. Enquanto o IEEE 802.11, embora suporte os mesmos padrões, possui componentes específicos de canalização e transmissão de máscara espectral. Este último modelo não fará parte do escopo deste trabalho.

A escolha do modelo de camada física a ser aplicada, irá variar de acordo com a necessidade de uso.

Deve-se atentar às modulações com muitos símbolos, pois embora alcancem taxas de dados elevados, possuem alcances reduzidos. São exemplos: QPSK e QPSK com mapeamento de Gray, com constelação de 4 símbolos; 16-QAM, com constelação de 16 símbolos; 64-QAM, com constelação de 64 símbolos; 256-QAM, com constelação de 256 símbolos; BPSK e Spread BPSK, com constelação de 2 símbolos. Vide figura 2.

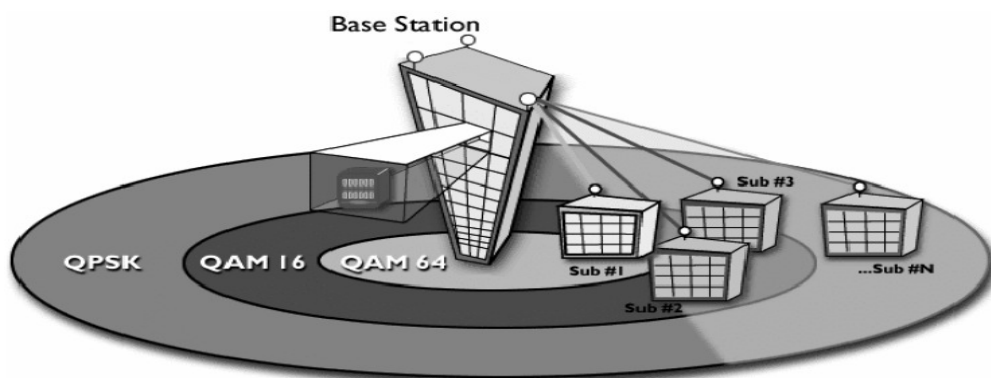


Figura 2 – Associação dinâmica das técnicas de modulação.

As principais funções desempenhadas pela camada física são:

- ✓ Transmissão dos MAC PDU's;
- ✓ Definição das técnicas de transmissão digital: modulação e codificação;
- ✓ Definição de espectro;
- ✓ Correção de erro direta;
- ✓ Definição da técnica de duplexing;
- ✓ Construção dos frames e sub-frames de transmissão;
- ✓ Principais aspectos das camadas físicas padronizadas pelo IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers);
- ✓ Capaz de suportar diferentes perfis de tráfego

2.3.2.2 Camada MAC

Os protocolos desta camada foram criados para dar suporte a aplicações ponto-a-ponto e PMP (ponto-multiponto), e também para suportar taxas muito altas, tanto na direção *uplink* quanto *downlink*.

As principais funções desempenhadas pela camada MAC são:

- ✓ Suporte à qualidade de serviço;
- ✓ Adaptação do tráfego de outras tecnologias para a rede Wi-MAX;
- ✓ Suporte ao ajuste adaptativo das técnicas de transmissão digital em função do meio de transmissão;
- ✓ Multiplexação de fluxos de tráfego em conexões;
- ✓ Escalonamento e alocação dinâmica de recursos de transmissão;
- ✓ Suporte à segurança da comunicação;
- ✓ Controle de acesso e transmissão de informações;
- ✓ Suporte à topologia da rede.

Os serviços requeridos pelos usuários finais terão natureza variada (dados, VoIP (Voz sobre IP), vídeo, etc.), fazendo com que o protocolo MAC se adeque tanto em tráfego contínuo quanto em rajadas e, garanta QoS. Para isso, a subcamada de convergência o torna suficientemente flexível para suportar qualquer tipo de tráfego.

2.3.2.3 Subcamada de Convergência Específica

A subcamada CS utiliza MAC SAP (Service Access Point) para obter os serviços fornecidos pela subcamada MAC CPS. O CS implementa as seguintes funções:

- ✓ Responsável pela recepção das PDU's (Protocol Description Unit) das camadas mais elevadas;
- ✓ Responsável por executar a classificação das PDU's das camadas superiores;
- ✓ Processar, quando necessário, as PDU's das camadas mais elevadas baseadas em suas classificações;
- ✓ Responsável por entregar às CS PDU's a MAC SAP apropriada;
- ✓ Responsável por receber as CS PDU's de sua entidade par.

Atualmente, apenas duas especificações da CS estão disponíveis: a ATM (Asynchronous Transfer Mode) CS e a Packet CS.

2.3.2.4 MAC Common Part Sublayer - MAC CPS

A subcamada MAC CPS recebe os dados das diversas subcamadas CS e tem como principais funções: prover acesso às funções do sistema, garantir mecanismos eficientes de compartilhamento de recursos e alocar largura de banda.

Esta subcamada possui dois tipos de topologia de rede: PMP e Mesh, porém esta última não faz parte do escopo deste trabalho.

Na topologia PMP, um sistema WiMAX opera uma estação central chamada de BS, provida de antenas setorizadas, de forma que possam tratar simultaneamente as comunicações com as estações dos usuários [denominadas estações assinantes (SS)] de setores múltiplos e independentes.

No enlace *downlink*, todas as estações SS que estão em um determinado setor e utilizam um dado canal de frequência recebem a mesma transmissão ou parte dela. A estação base é o único transmissor operando nesta direção e, portanto, não necessita de coordenação com outras estações, exceto no caso de duplexação por TDD.

A BS realiza um broadcast (difusão) para todas as SS's de um setor e, estas verificam o endereço de destino nas mensagens recebidas e processam somente as mensagens destinadas a elas. As mensagens podem ser enviadas para todas as SS's por difusão, mas também podem ser enviadas individualmente ou por multicast para grupos de SS's.

Na outra direção, as SS's compartilham o enlace de subida conforme a demanda. Dependendo da classe de serviço utilizada, a SS pode receber o direito de transmitir continuamente ou esse direito deve ser solicitado pelo usuário à BS. As mensagens podem ser dirigidas individualmente, transmitidas em conexões *multicast* (citando como exemplo as mensagens de controle e a distribuição de vídeo), ou por difusão.

Dentro de cada setor, as SS's aderem a um protocolo de transmissão que controla o acesso entre utilizadores e habilita o serviço a ser transmitido, adaptado aos requisitos de atraso e largura de banda de cada aplicação do usuário. Isto é realizado através de quatro tipos diferentes de mecanismos de escalonamento ascendente, os quais são executados usando procedimentos de grants (concessão), polling (polinizar), e contention (disputa). Estes mecanismos são definidos no protocolo para permitir a otimização do desempenho do sistema, usando combinações diferentes destas técnicas na atribuição de débito; mantendo, contudo definições consistentes de interoperabilidade entre diferentes implementações. Por exemplo, a disputa pode ser usada para evitar a polinização individual das SS's que ficaram inativas durante um longo período de tempo.

A utilização da polinização simplifica a operação do acesso e garante que as aplicações recebem o serviço de uma BS de forma determinística, se for necessário. Em geral, as aplicações de dados são tolerantes a atrasos, mas as aplicações de tempo real como a voz e o vídeo, requerem o serviço de um modo mais uniforme e, por vezes, com um escalonamento muito estrito.

O MAC, por ser orientado à conexão, tem a finalidade de mapear os serviços das SS's e associar os diferentes níveis de QoS. Todas as comunicações de dados estão no contexto de uma conexão de transporte. Os fluxos de serviço podem ser provisionados quando uma SS é instalada no sistema. Logo após o registro da SS ser efetivado, conexões são associadas a estes fluxos (uma conexão por fluxo de serviço) o que possibilita ter uma referência sobre qual fluxo de serviço é responsável por solicitar largura de banda. Adicionalmente, podem ser estabelecidas

novas conexões, caso o serviço do cliente possua esta necessidade. Uma conexão define o mapeamento entre pares de processos de convergência que utilizam o MAC e o fluxo de serviço que é definido pelos parâmetros de QoS.

O conceito de um fluxo de serviço em uma conexão de transporte é central para a operação do protocolo MAC, pois fornecem mecanismo para o gerenciamento de QoS no *uplink* e no *downlink*. Em particular, eles são integrantes ao processo de alocação de largura de banda. Uma SS pede largura de banda no *uplink* em uma conexão base (implicitamente identificando o fluxo de serviço). A Largura de banda é concedida pela BS a uma SS, como um agregado de todas as concessões para uma SS (dentro de um intervalo de escalonamento) ou com base numa conexão.

As conexões, uma vez estabelecidas, podem requerer manutenção ativa. Os requisitos de manutenção variam, dependendo do tipo de serviço contratado. O tráfego por ser em rajadas e com alta possibilidade de fragmentação possibilita que o serviço IP solicite manutenção contínua, no momento do restabelecimento das conexões. Essas conexões podem ser encerradas, quando ocorrerem mudanças nos contratos dos clientes do serviço ou quando a BS e a SS decidem terminar.

2.3.2.5 Subcamada de Segurança

A subcamada de segurança, está localizada abaixo da subcamada MAC, ela é responsável por fornecer autenticação, troca de chaves de segurança, criptografia e privacidade às SS's, através da encriptação das conexões geradas entre a BS e a SS ao longo da rede. Além disso, a subcamada protege as estações base contra o acessos não autorizados a seus serviços, através de um protocolo de gerência de chaves, cliente / servidor, no qual a BS (server) controla a distribuição das chaves para os clientes SS's.

Adicionalmente, os mecanismo básicos de privacidade são reforçados utilizando autenticação por certificado digital em seu protocolo de gerência de chaves PKM (Privacy Key Management). Um certificado digital contém a chave pública da estação SS e seu endereço MAC.

2.3.3 Handover para o IEEE 802.16e

2.3.3.1 Importância e funcionalidade

O mecanismo de handover é responsável pelo roaming de uma estação móvel entre células, por manter a conexão, permitir continuidade no fornecimento de serviços, transportar as informações de controle e controlar o fluxo de dados dos usuários.

Um dos maiores desafios do mecanismo de handover é ser rápido e sofrer perdas mínimas. Sua funcionalidade se dá através de unidades de BS's que cobrem determinada área e são conectadas por um backbone de rede.

Cada backbone de rede pode conter um "AAA" centralizado (Autorização, Autenticação e Accounting), que é responsável pelo abastecimento e provisionamento para todos os usuários (servidores) especializados. Este modelo é responsável pela autenticação e autorização, tipos de serviço que são consultados de forma exaustiva e coletiva a todos os ASA-Server (Authentication and Service Authorization – Server) que podem ser únicos ou múltiplos, centralizados ou distribuídos. Todas as mensagens de controle são definidas e especificadas pelos serviços operacionalizados pela BS e MS.

O Quadro 1 destaca os elementos envolvidos no Handover:

Quadro 1 – Elementos do 802.16e

Ponto de referência	Elementos especificados para 802.16e
MS	Estação subscritora móvel que contém MAC (CS), camada física
BS	Estação base: Possui uma única entidade MAC para cada setor coberto, e possui funcionalidade similar aos agentes do IP móvel.
ASA SERVER	Servidor de autenticação, autorização e manutenção de rede. Estes servidores são opcionais e poder ser implementados como entidades distribuídas.

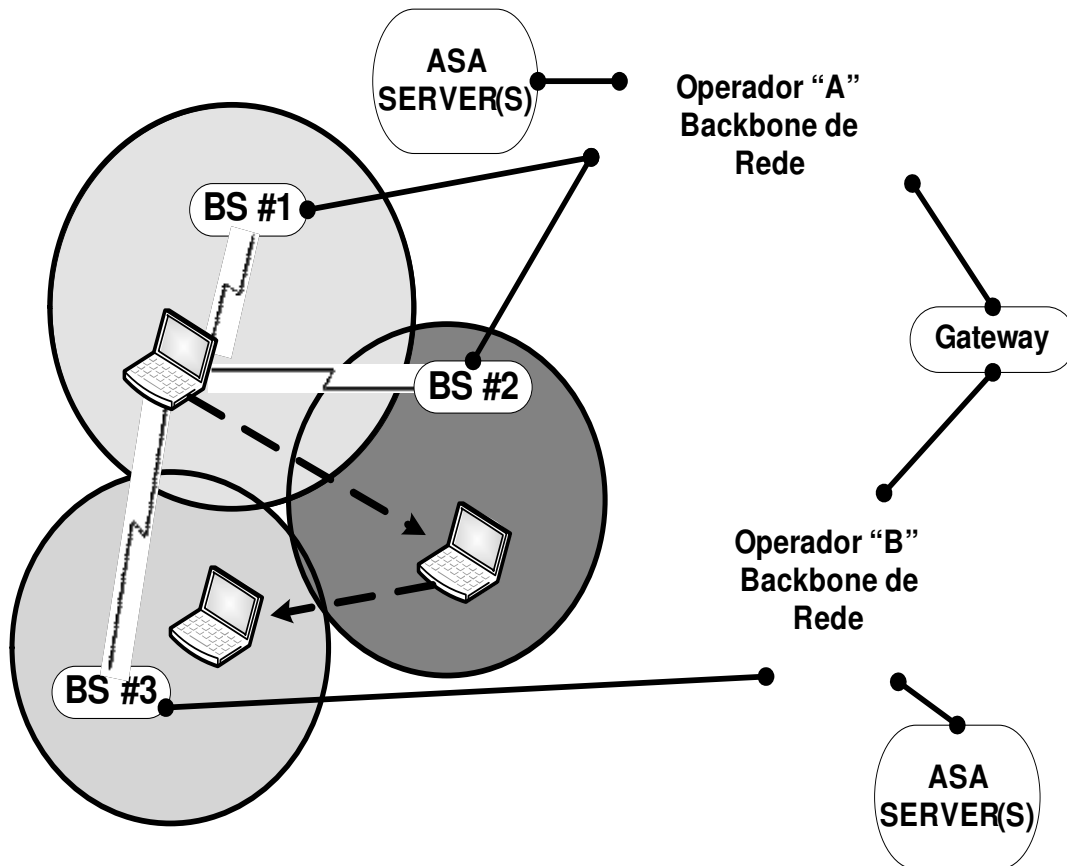


Figura 3 – Modelo de Rede

A Figura 4.1: Demonstra o funcionamento do mecanismo de handover sobre duas redes que são operadas por diferentes operadores (A e B) e coexistem na mesma área de serviço. BS #1 é o **serving BS** para a MSS (Mobile Subscriber Station) descrita. BS #2 e BS #3 são as **BS's vizinhas**. Se a MS descrita se mover mais perto da BS #2, como demonstrado pela linha pontilhada, a BS #2 poderá ser a **BS alvo** para um Handover (HO). Se a MS descrita continuar seu movimento na área coberta perto BS #3, ela poderá executar HO nesta BS.

2.3.3.2 Funcionalidades do Agente de Mobilidade

A pilha de protocolos da BS, além das habituais camadas do 802.16, contém a camada dos Agentes de Mobilidade (MA). As funções do MA a seguir, são similares às funções do agente IP móvel:

- 1- Terminação de túnel que leva dados da MS para a rede home, incluindo o desencapsulamento das unidades de dados de entrada;

2- Comunicação com a CS - Depois da chegada de uma nova MS na célula, é criada uma nova conexão. Isto inclui:

- ✓ Criação de novos classificadores para enviar dados às conexões;
- ✓ Especificação de QoS apropriado por conexão.

3- Após a mudança da BS, a MS desfaz as conexões e apaga os classificadores.

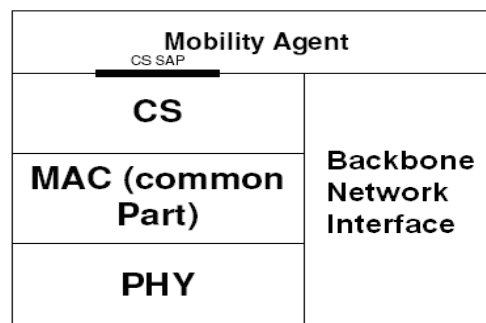


Figura 4 – Pilha de protocolo da BS.

2.4 CONVERGÊNCIA TECNOLÓGICA

Convergência tecnológica é um termo que, de maneira geral, é utilizado para designar a tendência de utilização de uma única infra-estrutura de tecnologia para prover serviços que, anteriormente, requeriam equipamentos, canais de comunicação, protocolos e padrões independentes. Faz-se isso para permitir que o utilizador tenha acesso às informações de qualquer lugar e através de qualquer meio de comunicação por uma interface única e as suas evidências revelam-se em muitos setores, na economia, na comunicação e na produção, entre outros. O Deutsche Bank Research define convergência como "um processo de mudança qualitativa que liga dois ou mais mercados existentes e anteriormente distintos.

Os meios de telecomunicações como rádio, televisão, redes de computadores e de telefonia são envolvidas no processo de convergência. Embora todos os horizontes apontem agora para outro tipo de convergência, mais alargada e cujas oportunidades de aplicação são ainda mais abrangentes do que as da Web, o encontro entre a nanotecnologia, biotecnologia e tecnologia da informação, a atenção deste estudo foca apenas a convergência em telecomunicações.

O histórico das tecnologias em convergência inicia-se com o desenvolvimento da rede telefônica tradicional, comutada por circuitos, que serviu de base para a prestação dos primeiros serviços de maneira convergente. Na década de 1980, as redes de telefonia deixaram de exercer exclusivamente sua função tradicional de transmissão por sinais analógicos de voz para incorporar também a possibilidade de transmissão de dados digitais, através da tecnologia RDSI (Rede Digital de Serviços Integrados) que começou a ser implantada na Europa.

Nesta época, as expressões "convergência tecnológica" ou "convergência digital" (já que as aplicações analógicas têm vindo a ser, progressivamente, substituídas por soluções digitais, que apresentam vantagens como melhor regeneração do sinal) não eram difundidas, embora já começasse a surgir a preocupação com um dos fatores impulsionadores da convergência que é a possibilidade de diversificar o uso de um mesmo canal de comunicação, otimizando este uso para atender a diversas necessidades do utilizador. O amadurecimento dessa tendência não foi súbito e arrastou-se ao longo de pelo menos duas décadas. Havia restrições tecnológicas significativas, já que ainda predominavam os enlaces analógicos em banda base e a fibra óptica ainda tinha custo elevado para instalação e operação.

Na década de 1990, acompanhando o avanço das redes de telecomunicações, tornou-se mais comum falar em convergência tecnológica. A popularização da Internet foi um passo fundamental para que o conceito se difundisse, principalmente fora dos meios corporativos. Na verdade os primeiros "internautas" não dispunham de recursos adequados para obter a qualidade esperada em serviços convergentes, pois a maioria dependia de conexões discadas por enlaces analógicos sobre par de cobre. O usuário doméstico comum só começou a beneficiar-se da convergência com a adoção em massa de conexões xDSL (Digital Subscriber Line), que pela primeira vez forneceram, a um custo acessível, capacidade de transmissão suficiente para utilização de serviços tais como VoIP.

Com a consolidação da Internet como a mais importante rede de informações do mundo globalizado, também se estabeleceram os padrões tecnológicos que ela emprega, tais como o protocolo IP e a comutação de pacotes. Esses elementos, aliados ao barateamento e aprimoramento dos meios de transmissão em banda larga, crescente demanda por serviços multimídias, criação de novos protocolos

como o SIP (Protocolo de Iniciação de Sessão) e de mecanismos como MPLS (Multi Protocol Label Switching), estão a dar forma à arquitetura de redes convergentes que se chama NGN (Next Generation Networking).

2.4.1 Convergência fixo-móvel

Em 1990 começou a falar-se na convergência entre telefonia fixa e móvel, mas sem resultados práticos. Uma década depois o assunto ressurgiu, ainda sem uma definição clara do que seria tal convergência, embora se possa dizer, em linhas gerais, que se tem como objetivo disponibilizar serviços convergentes pelos ambientes fixo, móvel e Internet.

Atualmente, as operadoras de telefonia enfrentam desafios para desenvolver estratégias para convergência fixo-móvel. As tecnologias que recebem mais atenção (Unlicensed Mobile Access, IP Multimedia Subsystem) são centradas na própria rede e estão em estágio imaturo, despendendo esforços que divergem da real necessidade da prestação efetiva de serviços para competir com outros provedores como Skype. Ainda falta demanda de mercado consistente, tanto de consumidores quanto empresas.

O Yankee Group publicou um estudo que identifica quatro estágios sucessivos na convergência fixo-móvel:

1. Convergência por pacotes (*packaging convergence*): Forma mais básica de convergência que consiste simplesmente na oferta comercial de telefonia fixa e móvel num único pacote de serviços. Não há integração entre tecnologias, mas unificação do atendimento ao consumidor e cobrança de faturas.
2. Convergência de recursos (*feature-based convergence*): Integração de recursos que, anteriormente, existiam apenas para telefones fixos ou móveis. Pode-se citar funcionalidades de transferência automática de chamadas direcionadas para um telefone fixo (como na residência do cliente) para seu celular ou vice-versa, bem como caixa de mensagens de voz integrada.
3. Convergência de produto (*product convergence*): Convergência resultante da redundância entre produtos fixo e móvel, fazendo com que efetivamente se tornem um só. É um amadurecimento da convergência de

recursos, pois à medida que começam a ser oferecidos em um produto, recursos que só eram disponíveis no outro (por exemplo, suporte a E911 em telefones móveis e melhoria do sinal dentro das residências), a telefonia fixa tende a cair em desuso.

4. Convergência total (*seamless convergence*): Quando a experiência do usuário ocorre de maneira transparente, coesa, contínua. Pode-se mudar de localização ou terminal sem sobressaltos, mantendo acesso às mesmas informações e serviços. A mesma agenda de contatos telefônicos, perfis e configurações ou arquivos multimídia estariam sempre disponíveis e sincronizados seja no telefone móvel, PDA (Personal Digital Assistants) ou desktop.

À convergência tecnológica, característica da economia digital, associam-se algumas vantagens: de permitir a interoperabilidade de sistemas, de possibilitar novos dispositivos facilitadores da mobilidade, de ser interativa, de obter serviços integrados que disponibilizam mais informação e serviços. No entanto, também surgem questões que se levantam com as consequências políticas, culturais e sociais que daí advirão.

2.4.2 Previsões

Segundo Greg Johnson (2006), os próximos desenvolvimentos no que respeita à convergência tecnológica deverão incluir a evolução do vídeo pela Web, o marketing móvel, a web 2.0, a integração do entretenimento nos conteúdos, o software social que determinará a comunicação colaborativa e o uso de voz, o confronto entre o mundo físico e o digital, processo este que permitirá grande mobilidade de dados, aceleração digital, busca e pagamentos móveis e, finalmente novas redes multimídia digital através da fase de maturação dos vídeos.

Nicholas Negroponte (2006 - professor do MIT "Instituto Tecnológico de Massachusetts") é um visionário da tecnologia do futuro, antecipando cada vez mais a interatividade no mundo digital, através da interacção entre bits de vídeo e de áudio, que permitirá moldar mais facilmente as interfaces. N.Negroponte (2005) é um dos fundadores da iniciativa "One Laptop per Child" que fez surgir o primeiro protótipo do laptop a 100 dólares. Esta tecnologia é baseada em software livre, a

máquina não possui disco rígido, conta com um processador de 500 MHz, memória RAM de 128 MB, quatro portas USB e memória Flash de 500 MB.

A tecnologia à serviço da informação é hoje uma realidade física, cuja evolução ainda está longe de se esgotar. Há visionários, como Frank J. Tipler (2007), que preconizam ainda para este século, evoluções tecnológicas como a inteligência artificial ou o download humano recorrendo à nanotecnologia e aos computadores quânticos.

3 CONCLUSÃO

Este trabalho propôs mostrar a evolução das comunicações com o intuito de dar subsídios para o entendimento sobre a nova tendência mundial no rumo à evolução das redes móveis, tornando possível a leitura sobre o histórico dos diversos meios de comunicação. Em seguida pode-se conhecer um pouco mais sobre o desenvolvimento da telefonia móvel e das redes sem fio. Percebeu-se ainda um detalhamento sobre características e peculiaridades da rede WiMAX e para finalizar, uma observação cuidadosa sobre convergência.

Nunca foi tão falado em convergência como tem sido discutido na atualidade. Pela primeira vez, equipamentos e fornecedores do sistema WiMAX marcaram presença em diversos lugares do mundo, porém isso não certifica à tecnologia um espaço garantido na evolução tecnológica da telefonia móvel, poise ainda se discutem questões como: "Este ano será decisivo para o WiMAX, que so freu um retrocesso em 2007", diz Andrew Parkin-White, analista principal da Analysis, consultoria especializada no mercado de telecom e TI. Existe ainda uma outra ameaça mais consistente sobre esse padrão, a evolução mais rápida da LTE.

Contribuiu para isso o anúncio feito pela China Mobile que se uniu a duas outras grandes operadoras, a Verizon e a Vodafone, para testar a nova tecnologia. No Japão, a Ericsson anunciou contrato com a NTT DoCoMo e a Alcatel-Lucent, uma das empresas que vem incentivando o WiMAX. Em contrapartida, para o LTE também há desafios, como alcançar performances e preços adequados em tempo de atender as necessidades do mercado.

Pode-se observar uma alta expectativa na rede WiMAX, que é percebida através dos volume de investimentos na tecnologia, a saber: desenvolvimento de produtos para a faixa de 700 MHz, buscando expansão de espectro e de oportunidades de mercado. Pelo balanço da entidade, há 28 produtos nas faixas de 2,3 GHz e 2,5 GHz que foram licenciados até agora com o padrão WiMAX.

Em contrapartida, o cenário parece duvidoso para o WiMAX e há ainda quem defenda que os desenvolvimentos do produto sejam integrados com os do LTE. Os maiores fabricantes de aparelhos móveis do mundo estão unindo forças para o desenvolvimento do padrão móvel LTE que promete ser mais rápido e cobrir maiores distâncias que os atuais serviços 3G. A tecnologia vai trabalhar com telefones

celulares, notebooks e também conexões fixas em banda larga, demonstrando potencial de substituir a tecnologia Wi-Fi.

É notório que o serviço LTE será concorrente do WiMax que é estimulada pela Intel e já está em funcionamento nos Estados Unidos, China e algumas regiões do Reino Unido, porém as empresas estão atentas à todo momento. A empresa T-Mobile, através de seu presidente Alemanha, informou que se a tecnologia LTE se provar eficaz em testes, poderá atualizar sua rede com ela.

Redes sem fio de 4G são cada vez mais necessárias, devido ao crescimento da demanda por serviços móveis de dados. Atualmente a indústria não determinou um padrão para as redes 4G porém nota-se que empresas e desenvolvedores estão dando maior atenção ao padrão 802.16e, por seu potencial em oferecer suporte a mobilidade, diferentes níveis de QoS, escalabilidade, segurança e portabilidade. Essa expectativa existe para tentar superar desafios dentre os quais podemos destacar a escassez de largura de banda decorrente das características físicas do meio sem fio, técnicas de alocação de canais e principalmente a proposta de gerenciar eficientemente os limitados recursos de frequência.

Algumas questões não foram deliberadamente exploradas no escopo deste trabalho, constituindo assim, temas de estudos futuros, especialmente no âmbito da convergência entre os diversos sabores de tecnologia de telefonia celular e o modelo IEEE 802.16e **WiMAX Mobile**. Foi também observado o possível estudo de um modelo **Wireless (Wi-Fi)** e **WiMAX** dual mode ou redes interconectadas. Esse é um recurso muito interessante, já que as primeiras redes **WiMAX** irão interoperar com a rede **Wi-Fi**, porém constitui tema para estudos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, *Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems* IEEE Std 802.16-2004. Acessado em 29 de Junho de 2004.
- [2] OLIVEIRA, J.M.; Fernandes, M. Redes sem fio Metropolitanas baseadas no padrão 802.16: um estudo de caso para Belém. Orientador Prof. Antônio Jorge Gomes Abelém. Belém, 2005. Projeto final (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Pará, 2005.
- [3] CARVALHO JR., Jaime Cesar de. Qualidade de serviço em redes IEEE 802.16: Como agendar tráfego para cumprir os requisitos QoS de classes heterogêneas de tráfego. Orientador Profa. Luci Pimez. Rio de Janeiro, 2005. Projeto final (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.
- [4] TANENBAUM, Andrew S. Redes de computadores. 4. ed. Elsevier, 2003.
- [5] CAMARA., Jéferson Marcelo de Oliveira & SILVA., Mônica Fernandes da. Redes sem fio metropolitanas baseadas no padrão 802.16: Um estudo de caso para Belém. Prof. Dr. Antônio Jorge Gomes Abelém. Belém, 2005. Trabalho de conclusão de Curso apresentado para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação. Centro de Ciências Exatas e Naturais. Universidade Federal do Pará. Belém, 2005.
- [11] WiMAX, IEEE 802.16 - Camadas Física e MAC. http://www.gta.ufrj.br/grad/06_1/wimax/index.html. Acessado em 30 de Junho de 2006.
- [12] IEEE 802.16 Air Interface For Fixed Broadband Wireless Access Systems, Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands IEEE Std 802.16e™-2005 and IEEE Std 802.16™-2004/Cor1-2005. Acessado em 20 de Junho, 2006).
- [13] Naves., Sanzio e Chan., Rodrigo – WiMAX (IEEE 802.16): Tutorial e Comparação de Esforços de Simulação. Inatel – Instituto Nacional de Telecomunicações, Santa Rita do Sapucaí, fevereiro de 2006.
- [14] Santoro., Rodrigo Ricart Santoro – Impacto das rede sem fio (Wlans) nas redes móveis celulares. Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Elétrica do Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro 2005.
- [15] IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working Group. Title IEEE 802.16e Handoff Draft - C80216e-03_20r1 - <http://ieee802.org/16>. Acessado em 15 de Junho de 2006.